

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 10 SEP 2003

WIPO

PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 35 038.8

**Anmeldetag:** 31. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** Behr GmbH & Co, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Flachrohr-Wärmeübertrager

**IPC:** F 28 F 1/32

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. Juli 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Ebert

5

---

BEHR GmbH & Co.  
Mauserstraße 3, 70469 Stuttgart

---

10

### **Flachrohr-Wärmeübertrager**

15

Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einem aus Flachrohren und Wellrippen bestehenden, gelöteten Wärmeübertragernetz nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, bekannt durch die US-A 5,271,458.

20

25

30

Bei den bekannten Wärmeübertragern für Kraftfahrzeuge wie Kühlmittelkühlern, Heizkörpern, Kondensatoren und Verdampfern werden die Flachrohre von einem flüssigen und/oder dampfförmigen Medium, z. B. einem Kühlmittel oder Kältemittel durchströmt, welches seine Wärme an die Umgebungsluft abführt oder Wärme aus der Umgebungsluft aufnimmt. Insofern stehen zwei sehr unterschiedliche Wärmekapazitätsströme miteinander in Wärmeaustausch. Um ein Gleichgewicht zwischen beiden Seiten herzustellen, muss man auf der Luftseite zusätzliche Maßnahmen ergreifen, um dort die Wärmeübertragung zu verbessern. Dies geschieht durch die Anordnung von Wellrippen zwischen den Flachrohren, wodurch die Wärmeaustauschfläche auf der Luftseite vergrößert wird. Darüber hinaus ist die Fläche der Wellrippen geschlitzt, d. h. mit Kiemen besetzt, die die sich bildenden Grenzschichtströmungen aufbrechen und eine Umlenkung der Luftströmung

von einem Strömungskanal in den anderen und damit eine Verlängerung des Strömungsweges für die Luft bewirken.

Bei den Wellrippen gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Typen, den so  
5 genannten V-Typ mit schräg zu einander angeordneten Rippenflächen, be-  
kannt durch die US-A 3,250,325. Die zweite Ausbildungsform der Wellrippe  
ist der so genannte U-Typ, bei welchem die Rippenflächen und damit auch  
die auf ihnen angeordneten Kiemen parallel zueinander ausgerichtet sind –  
dieser U-Typ wurde durch die US-A 5,271,458 bekannt. Thermodynamisch  
10 gesehen weist der U-Typ einige Vorteile gegenüber dem V-Typ auf, nämlich  
eine relativ gleichmäßige Durchströmung des etwa rechteckförmigen Rip-  
penkanals, eine gleichmäßige Strömungsumlenkung durch die Kiemen, ei-  
nen höheren Luftdurchsatz und damit eine höhere Wärmeübertragungslei-  
stung. Fertigungstechnisch gesehen ist der V-Typ vorteilhafter, weil mit ei-  
nem konstanten Rippenbiegeradius für den Wellenkamm durch Raffan oder  
15 Auseinanderziehen des Wellbandes verschiedene Rippendichten hergestellt  
werden können. Beim U-Typ dagegen, d. h. der so genannten Parallelrippe  
ist durch den Biegeradius des Wellenkammes auch die Rippendichte bzw.  
der Rippenabstand festgelegt. Nachteilig bei der bekannten Parallelrippe ist  
20 ferner, dass die Kiemenlänge abhängig ist vom Rippenbiegeradius, d. h. je  
größer der Radius ist, desto kürzer fällt die Kieme aus, was sich leistungs-  
mindernd auswirkt.

Man hat daher vorgeschlagen, den Rippenbiegeradius durch ein flaches  
25 Stück zu ersetzen, welches parallel zur Rohrwandung verläuft und mit dieser  
verlötet ist. Die Herstellung einer solchen rechteck- oder mäanderförmigen  
Wellrippe ist relativ aufwendig – entsprechende Herstellungsverfahren wur-  
den in der EP-B 0 641 615 und in der EP-A 1 103 316 vorgeschlagen. Diese  
„Rechteck-Rippe“ hat zwar den Vorteil, dass sich die Kiemen fast über die  
30 gesamte Rippenhöhe (Abstand von Rohr zu Rohr) erstrecken, allerdings wird  
dies mit einem hohen Fertigungsaufwand erkaufte.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Wärmeübertrager der eingangs genannten Art, insbesondere mit einer Parallelrippe dahingehend zu verbessern, dass die Parallelrippe die Vorteile einer Rechteckform aufweist, die gegebenenfalls große Kiemenlängen erlaubt, jedoch mit relativ geringem Fertigungsaufwand herstellbar ist.

Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich aus den Merkmalen des Patentanspruches 1. Der bekannte, durch eine konstante Krümmung gebildete Wellenkamm ist erfindungsgemäß durch ein Bogenstück ersetzt, welches sich aus drei Abschnitten unterschiedlicher Krümmungen zusammensetzt: Der mittlere Abschnitt hat eine vergleichsweise kleine Krümmung, d. h. er ist fast eben ausgebildet und liegt somit weitestgehend an der Außenfläche der Rohrwand an. Der Krümmungsradius des Bogenstücks ist in dem mittleren Bereich bevorzugt größer als eine Rippenhöhe RH der Wellrippe, besonders bevorzugt das 5- bis 15fache der Rippenhöhe RH.

An diesen mittleren Abschnitt schließen sich zwei äußere Abschnitte mit relativ großen Krümmungen an, wobei die beiden Krümmungen unterschiedlich sein können, so dass das gesamte Bogenstück einen asymmetrischen Verlauf zur Mittelebene aufweist. Bevorzugt weist ein erster äußerer Abschnitt einen Krümmungsradius R2 auf, der kleiner als eine halbe Rippenhöhe RH der Wellrippe, besonders bevorzugt 3 bis 20 % der Rippenhöhe RH, ist. Ein Krümmungsradius R3 des zweiten äußeren Abschnitts des Bogenstückes ist bevorzugt mindestens so groß wie der Krümmungsradius R2 des ersten äußeren Abschnitts.

Diese Rippengeometrie, insbesondere die des Bogenstückes lässt sich relativ einfach auf herkömmlichen Rippenwalzen herstellen. Darüber hinaus werden die Vorteile einer Parallel- bzw. Rechteckrippe beibehalten, d. h. eine relativ breite Lötfläche mit gutem Wärmeübergang und gegebenenfalls eine

große Kiemenlänge, die sich fast über die gesamte Rippenhöhe erstreckt. Wenn die Rippenflächen etwas (bis etwa 6 Grad) von der Parallelität abweichen, wobei sie dann im Rahmen der Erfindung noch als im Wesentlichen parallel anzusehen sind, werden dadurch die thermodynamischen Vorteile der Parallelrippe kaum beeinträchtigt. Die erfindungsgemäße Rippengeometrie ist insbesondere bei Kraftfahrzeug-Wärmeübertragern wie Kühlmittelkühlern, Heizkörpern, Kondensatoren und Verdampfern anwendbar.

10 Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind die Rippenflächen mit Kiemen besetzt, die bevorzugt eine Kiementiefe LP in einem Bereich von 0,5 bis 1,5 mm, besonders vorteilhaft in einem Bereich von 0,7 bis 1,1 mm, bei einem Kiemenwinkel zwischen 20 und 35 Grad, besonders vorteilhaft zwischen 24 und 30 Grad, aufweisen. Solche Kiemen wirken leistungssteigernd, weil dadurch die Umlenkung der Luft von einem Kanal in den benachbarten verbessert wird, wodurch sich wiederum ein längerer Strömungsweg für die Luft ergibt.

20 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung nach den Unteransprüchen 4 bis 7 ergeben weitere Leistungssteigerungen, insbesondere bei einem 12 bis 20 mm tiefen Rohr/Rippensystem bei einer Rippendichte von 55 bis 75 Rippen/dm, was einem Rippenabstand bzw. einer Rippenteilung von 1,33 bis 1,82 mm entspricht. Die Rippenhöhe für dieses System liegt im Bereich von 3 bis 15 mm, besonders bevorzugt im Bereich von 6 bis 10 mm.

25 Nach einer alternativen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Kiementiefe im Bereich von 0,9 bis 1,1 mm bei einem Kiemenwinkel von 23 bis 30 Grad günstig für ein Rohr-/Rippensystem mit einer Tiefe von 40 bis 52 mm bei einer Rippendichte von 45 bis 65 Rippen/dm, was einem Rippenabstand von 1,538 bis 2,222 mm entspricht. Die Rippenhöhe für ein solches System beträgt vorteilhafterweise 7 bis 9 mm.

30

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Parallelrippe,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch die Parallelrippe in der Ebene II-II gemäß Fig. 1 und

Fig. 3 einen weiteren Längsschnitt in der Ebene III-III gemäß Fig. 2.

Fig. 1 zeigt eine so genannte Parallelrippe 1, die zwischen zwei nur teilweise dargestellten Flachrohren 2, 3 verläuft. Die Parallel- oder Wellrippe 1 und die Flachrohre 2, 3 bilden ein nicht dargestelltes gelötetes Netz eines Wärmeübertragers, z. B. eines Kühlmittelkühlers zur Kühlung eines Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeuges oder eines Kondensators für eine Kraftfahrzeug-Klimaanlage. Die Wellrippe 1 weist jeweils zwei parallel zueinander angeordnete, ebene Rippenflächen 4, 5 auf, welche durch ein Bogenstück 6 verbunden sind. Das Bogenstück 6 liegt jeweils an den Flachrohren 2, 3 an und ist mit diesen verlötet. Die ebenen Rippenflächen 4, 5 sind mit Kiemen 7 besetzt, die eine Längserstreckung LL aufweisen. Die Wellrippe 1 hat eine Rippenhöhe RH, die größer als die Kiemenlänge LL ist. Die Rippenflächen 4, 5, das Bogenstück 6 und die Rohrwand 2, 3 bilden jeweils einen etwa rechteckförmigen Rippenkanal 8. Die Wellrippe 1 weist eine bestimmte Rippendichte auf, die durch die Rippenteilung, d. h. das Maß FP gekennzeichnet ist. FP ist der reziproke Wert der Rippendichte, d. h. einer Rippendichte von 50 Rippen/dm entspricht eine Rippenteilung von  $FP = 2 \text{ mm}$ . Das Bogenstück 6 setzt sich aus drei Bogenabschnitten zusammen, nämlich einem mittleren Abschnitt 6a und zwei angrenzenden äußeren Abschnitten 6b, 6c. Alle drei Abschnitte werden durch Radien gebildet, wobei der mittlere Abschnitt einen relativ großen Radius R1 von etwa 50 bis 70 mm aufweist. Die beiden äußeren Radien R2 und R3 sind erheblich kleiner, d. h. der Radius R2 liegt im Bereich von 0,4 bis 0,6 mm, während der Radius R3 größer oder gleich gegenüber dem Radius R2 ist. R3 liegt im Bereich von 0,6 bis 1,1 bzw. 1,3 mm. Durch diese Ausbildung des Bogenstückes 6 ergibt sich einer-

seits eine relativ breite Lötfläche F, andererseits eine relativ große Kiemenlänge LL, was günstig für die Wärmeübertragung ist. Darüber hinaus lässt sich eine derartige Parallelrippe, dessen Bogenstück 6 die genannten Dimensionen aufweist, einfach auf herkömmlichen Rippenwalzen herstellen.

5

**Fig. 2** zeigt einen Längsschnitt in der Ebene II-II, d. h. durch den Rippenkanal 8. Die Rippenfläche 5 weist ein Kiemenfeld 9 auf, welches sich aus einer Vielzahl von einzelnen Kiemen 7 zusammensetzt. Die Rippe 5 weist eine Rippentiefe RT auf, d. h. eine Erstreckung in Luftströmungsrichtung X.

10

**Fig. 3** zeigt einen Schnitt in der Ebene III-III in Fig.2, d. h. durch das Kiemenfeld 9 der Rippenfläche 5. Das Kiemenfeld besteht aus vorderen, in der Zeichnung nach rechts ansteigenden Kiemen 7a, einer mittleren dachförmigen Doppelkieme 7b und hinteren nach rechts abfallenden Kiemen 7c. Die Kiemen 7a, 7b, 7c sind jeweils unter einem Kiemenwinkel  $\alpha$  geneigt. Die Kiemen 7a, 7c weisen, gemessen in Luftströmungsrichtung X ein Maß LP auf, welches als Kiementiefe bezeichnet wird. Durch die Kiemen 7 wird die Grenzschicht der Luftströmung in den Rippenkanälen aufgebrochen und von einem Rippenkanal 8 in den benachbarten Rippenkanal umgelenkt. Dadurch ergibt sich für die Luftströmung ein längerer Strömungsweg, der den Wärmeübergang erhöht. Die Umlenkung der Luftströmung ist vom Kiemenwinkel  $\alpha$  und von der Kiementiefe LP abhängig.

15

20

25

Nach der Erfindung sind für die oben beschriebene Parallelrippe zwei bevorzugte Ausführungsbeispiele mit folgenden Abmessungen optimal:

#### Erstes Ausführungsbeispiel

30

Das erste Ausführungsbeispiel betrifft einen Kondensator für eine Klimaanlage eines Kraftfahrzeuges. Die Flachrohre des Kondensators werden somit

von Kältemittel, z. B. R 134a durchströmt. Für einen solchen Kondensator ist ein Wärmeübertragernetz, bestehend aus Flachrohren und einer Parallelrippe mit folgenden Abmessungen vorgesehen:

Rippentiefe RT:  $12 \leq RT \leq 20 \text{ mm}$ .

5 Rippenteilung FP:  $1,33 \text{ mm} \leq FP \leq 1,818 \text{ mm}$ ,  
entsprechend einer Rippendichte von 55 bis 75 Rippen/dm,

Kiemenwinkel  $\alpha$ :  $24^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ ,

Kiemenlänge LL:  $6,4 \text{ mm} \leq LL \leq 7,2 \text{ mm}$ ,

Rippenhöhe RH:  $6 \text{ mm} \leq RH \leq 10 \text{ mm}$ ,

10 Kiementiefe LP:  $0,7 \text{ mm} \leq LP \leq 1,1 \text{ mm}$ ,

Verhältnis von Kiementiefe LP zu Rippenteilung FP:  $0,385 \leq LP/FP \leq 0,825$ ,

Krümmungsradius R1 des mittleren Bogenstückabschnitts:

$50 \text{ mm} \leq R1 \leq 70 \text{ mm}$ ,

Krümmungsradius R2 des ersten äußeren Bogenstückabschnitts:

15  $0,4 \text{ mm} \leq R2 \leq 0,6 \text{ mm}$ ,

Krümmungsradius R3 des zweiten äußeren Bogenstückabschnitts:

$0,6 \text{ mm} \leq R3 \leq 1,1 \text{ mm}$ .

20 Ein Parallelrippensystem mit den vorgenannten Abmessungen ist einem herkömmlichen Rippensystem mit V-förmig angeordneter Rippe in vielen Punkten überlegen, und zwar hinsichtlich des Luftdurchsatzes, der Strömungsumlenkung, der Homogenisierung des Strömungsgeschwindigkeits- und Temperaturprofils und somit der Wärmeübertragungsleistung.

25

### Zweites Ausführungsbeispiel

Das zweite Ausführungsbeispiel betrifft einen Kühlmittelkühler, der bei Kraftfahrzeugen im Kühlmittelkreislauf zur Kühlung des Verbrennungsmotors  
30 eingebaut und von Kühlmittel, d. h. einem Wasser/Glysantin-Gemisch durch-



strömt wird. Zwischen den vorzugsweise in einer Reihe angeordneten Flachrohren sind Parallelrippen mit folgenden Abmessungen vorgesehen:

Rippentiefe RT:  $40 \leq RT \leq 52 \text{ mm}$

Rippenteilung FP:  $1,538 \leq FP \leq 2,222 \text{ mm}$ ,

5 entsprechend einer Rippendichte von 45 bis 65 Rippen/dm

Kiemenwinkel  $\alpha$ :  $23^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$

Kiemenlänge LL:  $6,5 \leq LL \leq 7,2 \text{ mm}$

Rippenhöhe RH:  $7 \leq RH \leq 9 \text{ mm}$

Kiementiefe LP:  $0,9 \leq LP \leq 1,1 \text{ mm}$

10 Verhältnis Kiementiefe LP zu Rippenteilung FP:  $0,405 \leq LP/FP \leq 0,715$ .

Krümmungsradius R1 des mittleren Bogenstückabschnitts:

$50 \text{ mm} \leq R1 \leq 70 \text{ mm}$ ,

Krümmungsradius R2 des ersten äußeren Bogenstückabschnitts:

$0,4 \text{ mm} \leq R2 \leq 0,6 \text{ mm}$ ,

15 Krümmungsradius R3 des zweiten äußeren Bogenstückabschnitts:

$0,6 \text{ mm} \leq R3 \leq 1,3 \text{ mm}$ .

20 Auch dieses gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel wesentlich tiefere System bringt eine deutliche Leistungssteigerung gegenüber einer vergleichbaren V-Rippe.

## Patentansprüche

5

10

15

20

25

1. Wärmeübertrager, insbesondere Kühlmittelkühler oder Kondensator für Kraftfahrzeuge, mit einem aus Flachrohren (2, 3) und Wellrippen (1) bestehenden, gelöteten Wärmeübertragernetz, wobei die Flachrohre (2, 3) von einem flüssigen und/oder gasförmigen Medium durchströmbar und die Wellrippen (2) von Luft umströmbar sind, wobei eine Wellrippe (1) jeweils zwei im Wesentlichen parallel zu einander angeordnete Rippenflächen (4, 5) aufweist, die jeweils durch ein mit einem Flachrohr (2, 3) verlötetes Bogenstück (6) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bogenstück (6) in einem mittleren Abschnitt (6a) eine geringere Krümmung aufweist als in einem ersten äußeren Abschnitt (6b) und in einem zweiten äußeren Abschnitt (6c).
2. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rippenflächen (4,5) mit Kiemen (7) besetzt sind.
3. Wärmeübertrager nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bogenstück (6) in dem mittleren Abschnitt (6a) einen Krümmungsradius  $R_1$  aufweist, der größer als eine Rippenhöhe  $R_H$  der Wellrippe (1) ist.

4. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bogenstück (6) in dem ersten äußeren Abschnitt (6b) einen Krümmungsradius  $R_2$  aufweist, der kleiner als eine Hälfte einer Rippenhöhe  $RH$  der Wellrippe (1) ist.
- 5
5. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bogenstück (6) in dem zweiten äußeren Abschnitt (6c) einen Krümmungsradius  $R_3$  aufweist, der größer oder gleich einem Krümmungsradius  $R_2$  in dem ersten äußeren Abschnitt (6b) ist.
- 10
6. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bogenstück (6) in dem zweiten äußeren Abschnitt (6c) einen Krümmungsradius  $R_3$  aufweist, der kleiner als eine Rippenhöhe  $RH$  der Wellrippe (1) ist.
- 15
7. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kiemen (7, 7a, 7c) eine Kiementiefe  $LP$  in einem Bereich von 0,5 bis 1,5 mm und einen Kiemenwinkel  $\alpha$  im Bereich von  $20^\circ$  bis  $35^\circ$  aufweisen.
- 20
8. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellrippe (1) eine Rippenteilung  $FP$  im Bereich von 1 bis 3 mm aufweist.
- 25
9. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellrippe (1) eine Rippentiefe  $RT$  im Bereich von 10 bis 70 mm, vorzugsweise 12 bis 20 mm oder 40 bis 64 mm aufweist.
- 30

10. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis von Kiementiefe LP zu Rippen-  
teilung FP in einem Bereich von 0,385 bis 0,825 liegt.
- 5 11. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellrippe (1) eine Rippenhöhe RH in einem  
Bereich von 3 bis 15 mm, vorzugsweise 6 bis 10 mm aufweist.

## **Zusammenfassung**

5

10

Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einem aus Flachrohren und Wellrippen bestehenden, gelöteten Wärmeübertragernetz, wobei die Flachrohre von einem flüssigen und/oder dampfförmigen Medium durchströmbar und die Wellrippen von Luft umströmbar sind, wobei die eine Wellrippe jeweils zwei im Wesentlichen parallel zu einander angeordnete Rippenflächen aufweist, die jeweils durch ein mit einem Flachrohr verlötetes Bogenstück verbunden sind, das drei Ab-

15

schnitte mit unterschiedlicher Krümmung aufweist.

Fig. 2

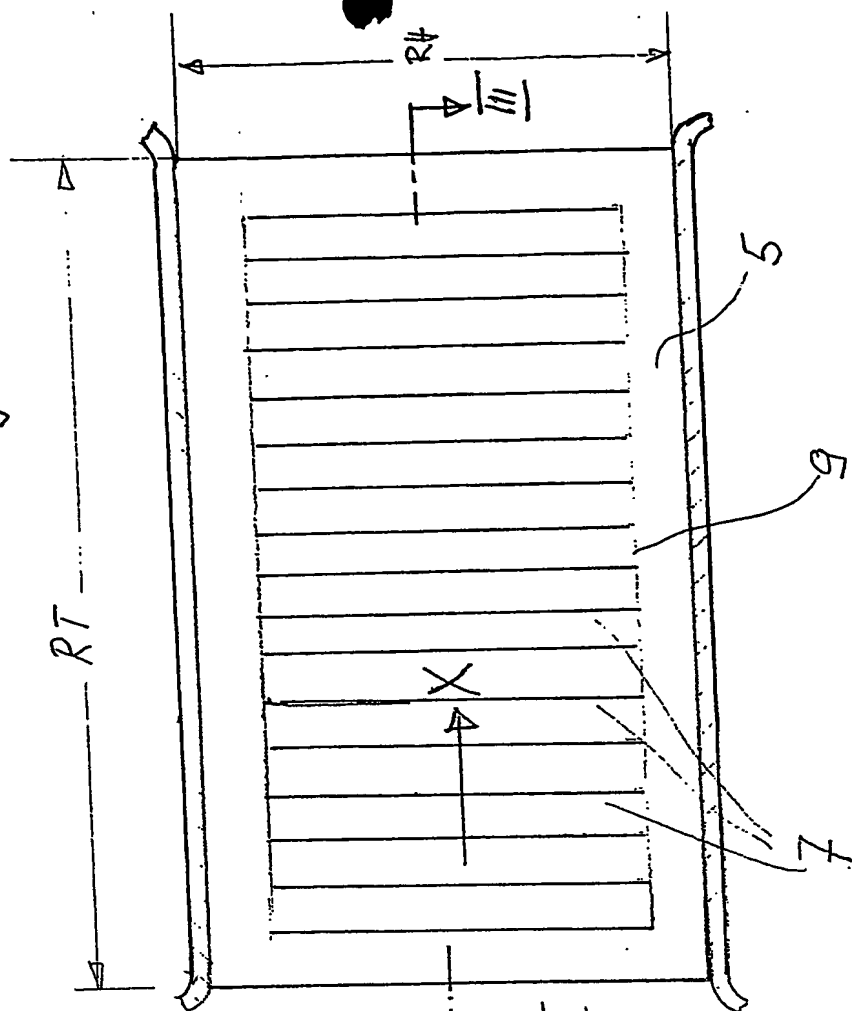


Fig. 1

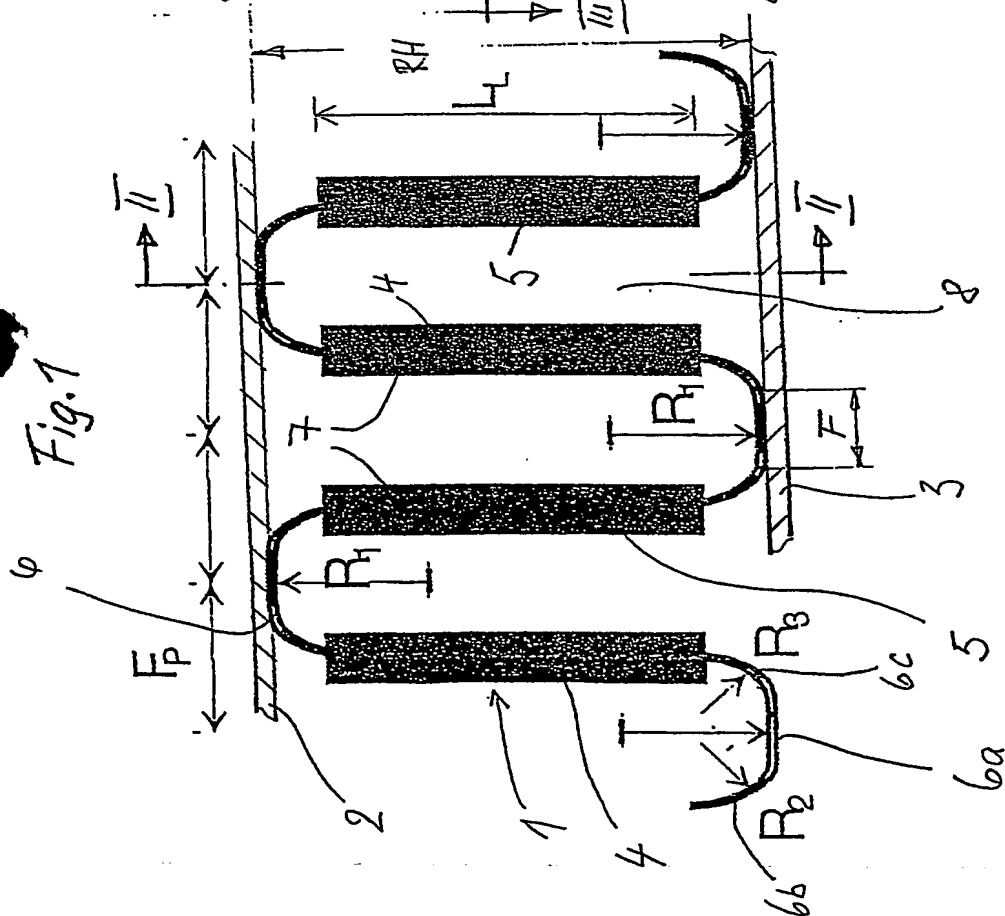


Fig. 3

